

PENGARUH CAMPURAN FLY ASH TERHADAP LASTON PEKERASAN JALAN

Eko Daniyanto

E-mail : warga.dao@gmail.com

ABSTRAKS

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan meliputi: (a) ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertical maupun beban horizontal (gaya geser). Untuk itu persyaratan yang dituntut ialah kuat, kokoh, dan stabil, (b) lapisan kedap air, mencegah masuknya air kedalam lapisan perkerasan yang ada dibawahnya, (c) menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup, (d) membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas, dan (e) sebagai lapisan aus yaitu lapisan yang dapat aus yang selanjutnya lagi dengan yang baru. Laston adalah suatu lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai structural, awet, kadar aspal yang berkisar 4 – 7% terhadap berat campuran, dan dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang, sampai berat, Abu terbang batu bara atau *Fly Ash* dapat dijadikan sebagai mineral *filler* karena ukuran partikelnya yang sangat halus, dan dari beberapa literatur penelitian yang dilakukan sebelumnya, abu terbang batu bara mengandung unsure pozzolan, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat aspal beton . Dengan penambahan *Fly Ash* sebesar 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% diharapkan dapat menjadi alternatif yang dapat di gunakan. Berdasarkan dari hasil penelitian pada lampiran, diketahui hasil akhir dari variasi 10% (VMA) 21.08% , VIM 4,67%², VFB 77,66%, kadar Aspal Efektif 6,99, Flow 3,08, Stabilitas 842,11. variasi 15% (VMA) 21,63% , VIM 4,95%², VFB 77,08%, kadar Aspal Efektif 7,10, Flow 2,50, Stabilitas 788,74. variasi 20% (VMA) 20.52% , VIM 4,32%², VFB 79,03%, kadar Aspal Efektif 6,81, Flow 3,92, Stabilitas 799,57. variasi 25% (VMA) 20.46% , VIM 3,02%², VFB 85,04%, kadar Aspal Efektif 7,22, Flow 3,93, Stabilitas 693,81. Dan variasi 30% (VMA) 22.90% , VIM 4,63%², VFB 79,59%, kadar Aspal Efektif 7,74, Flow 4,28, Stabilitas 888,16.

Kata Kunci : Marshall, Aspal, Filler, *Fly Ash*.

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Kendaraan bermotor di Indonesia meningkat tiap tahunnya, peningkatan kendaraan bermotor didominasi oleh kendaraan penumpang, truk, bus dan sepeda motor. Dengan meningkatnya jumlah volume kendaraan pastinya akan berdampak pada prasarana dalam hal ini adalah jalan raya karena beban yang diterima akan semakin besar. Jalan raya merupakan prasarana penghubung antar daerah satu dengan daerah lain nya. Untuk itu diperlukan perencanaan yang tepat guna memperoleh konstruksi jalan raya dengan kualitas yang baik dan tidak akan mengalami kerusakan sebelum umur rencana.

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan meliputi: (a) ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser). Untuk itu persyaratan yang dituntut ialah kuat, kokoh, dan stabil, (b) lapisan kedap air, mencegah masuknya air kedalam lapisan perkerasan yang ada dibawahnya, (c) menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup, (d) membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas, dan (e) sebagai lapisan aus yaitu lapisan yang dapat aus yang selanjutnya lagi dengan yang baru. (Suprpto, 2004:2).

Laston adalah suatu lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras

dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai structural, awet, kadar aspal yang berkisar 4 – 7% terhadap berat campuran, dan dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang, sampai berat. (Hary Christady Hardiyatmo 2011:84)



Gambar 1. Fly Ash

fly ash merupakan salah satu bahan tambahan pengisi yang diharapkan mampu meningkatkan kualitas aspal dalam memenuhi karakteristik aspal sebagai bahan ikat. Dari uraian tersebut penulis melakukan penelitian lapis permukaan aspal beton yang ditambahkan dengan *fly ash*.

Abu terbang batu bara adalah partikel halus yang merupakan endapan dari tumpukan bubuk hasil pembakaran batu bara yang dikumpulkan dengan alat *elektrostatikpresipirator*. Abu terbang batu bara termasuk dalam kategori limbah industry yang mempunyai potensi sangat tinggi untuk digunakan dalam konstruksi jalan raya. Abu terbang batu bara dapat dijadikan sebagai mineral *filler* karena ukuran partikelnya yang sangat halus, dan dari beberapa literatur penelitian yang dilakukan sebelumnya, abu terbang batu bara mengandung unsure pozzolan, sehingga dapat berfungsi

sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat aspal beton.

Identifikasi Masalah

Adapun indentifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

- 1) Abu terbang merupakan salah satu bahan tambahan yang diharapkan mampu meningkatkan kualitas aspal dalam memenuhi karakteristik aspal sebagai bahan ikat, serta meningkatkan karakteristik pada campuran lapisan aspal beton terutama pada stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas.
- 2) Abu terbang diharapkan dapat menjadi salah satu pilihan bahan pengisi yang dapat menutupi kekurangan dari bahan pengisi yang sudah ada

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

- 1) Berapa jumlah sampel variasi yang didapat dari penambahan *fly ash* sebesar 10% , 15%, 20%, 25% dan 30% ?
- 2) Berapa hasil akhir uji dari tiap – tiap variasi 10% , 15%, 20%, 25% dan 30% ?
- 3) Variasi mana yang terbaik untuk di gunakan untuk lapisan aspal beton di tinjau dari parameter marshall ?

TINJAUAN PUSTAKA

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90 – 95% agregat berdasarkan persentasi berat, atau 75 – 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.(Silvi Sukirman 1995:41)

Bahan susun perkerasan aspal adalah aspal, agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (filler).jenis agregat menurut diameter butirannya di bedakan menjadi fraksi – fraksi sebagai berikut.

- a. Agregat kasar yaitu, batuan yang tertahan saringan no.8 (diameter 2,36 mm)
- b. Agregat halus yaitu, batuan yang lolos saringan no.8 (diameter 2,36 mm) dan tertahan saringan no.200 (diameter 0,075 mm)
- c. Bahan pengisi (filler) yaitu, material yang lolos saringan no.200 (diameter 0,075 mm)

Tabel 1Spesifikasi untuk Agregat Kasar dan Halus

Spesifikasi Ageragat	Standar Pengujian	Batasan	
		Min	Maks
Kearuan, <i>LA Abrasion Test</i> , 500 Putaran	SNI 03-2417-1991 AASHTO T-182-84	–	40%
Kelekatan deangan aspal	SNI 03-2439-1991 AASHTO T-182-84	95%	–
Jumlah butiran tertahan saringan No.4 yang memiliki minimal dua bidang pecah	Visual	50%	–
Indeks kepipihan dan kelonjongan butiran tertahan saringan $\frac{3}{4}$ " (9,5 mm)	SK SNI M-29-1993-03 BS 812:1975	–	25%
Penyerapan air	SNI 1969-1990-F AASHTO T-85-88	–	3%
Berat jenis curah (<i>bulk</i>), khusus untuk terak	SNI 1969-1990-F AASHTO T-85-88	2,5	–
Bagian yang lunak	AASHTO T-189	–	5%
<i>Sand Equivalent</i> (khusus agregat halus)	AASHTO T-176-86	50%	–

(Sumber: Perencanaan Campuran Metode Bina Marga)

Tabel 2Spesifikasi untuk Agregat Kasar dan Halus

Pengujian	Standart	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Material lolos saringan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks.8%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min.45%

(Sumber: Perencanaan Campuran Metode Bina Marga)

Gradasi Agregat

Gradasi adalah partikel – partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi

besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan paling atas dan yang paling halus terletak paling bawah

Tabel 3 Spesifikasi Gradasi

Ukuran Ayakan (mm)	Persen Berat Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran											
	Latasir (SS)		Latasir (HRS)				Laston (AC)					
			Gradasi Senja		Gradasi Semi Senjang		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	Kelas A	Kelas B	We	Base	WC	Base	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5									100			100
25								100	90-100		100	90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
12,5			90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75							54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
2,36			75-100	50-72	35-55	50-62	32-44	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6
1,18								31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3
0,60			35-60	15-35	20-45	15-35	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,30					15-35	5-35	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
0,15							9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

(sumber:Spesifikasi Umum 2010)

Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

1. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
2. Bilamana kapur tidak terhidrasi sebagian, digunakan sebagai bahan pengisi yang ditambahkan maka proporsi maksimum yang diijinkan adalah 1,0% dari berat total campuran beraspal. Kapur yang seluruhnya terhidrasi yang dihasilkan dari pabrik yang disetujui

dan memenuhi persyaratan, dapat digunakan maksimum 2% terhadap berat total campuran beraspal.

3. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2%.
4. Bahan pengisi yang digunakan adalah *fly ash* dan semen yang lolos saringan No.200 (75 micron) tidak kurang 75% dari beratnya.

Untuk *fly ash* harus lolos saringan No. 200 (75 micron) baru bisa digunakan sebagai *filler* pada campuran aspal.

Abu terbang batu bara mengandung unsure pozzolan, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat aspal beton.*Pozzolans* adalah bahan mengandung silika atau silika dan alumina, yang dalam bentuk halus yang terpisah dan di hadapan air, bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa menghasilkan senyawa semen.oleh karena itu *Fly ash*

Aspal

Aspal didefinisikan sebagai maerial berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang bentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperature tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori – pori yang ada pada penyemprotan / penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperature mulai turun, aspal akan mengeras dan meningkat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 - 10% berdasarkan berat atau 10 – 15% berdasarkan volume, tetapi

merupakan komponen yang relatif mahal. Berikut ini bagan alir metodologi penelitian. (Silvia Sukirman 1995:60)

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian Skripsi ini dikerjakan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin.

Dalam penelitian ini metode pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

- Persiapan dan Penyediaan Material
- Prosedur Pengujian Bahan Campuran
- Perancangan AC - BC
- Pembuatan Benda Uji
- Tes Marshall
- Kadar Aspal Optimum (KAO)

Persiapan dan Penyediaan Material

1. Persiapan Agregat

Jenis agregat dan lokasi asalnya yang akan dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Agregat Kasar :

- Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah 1-1 dan 1-2
- Material agregat kasar yang digunakan adalah batu katun dari daerah pelehari perbatasan tangkisung (PT. Raden Pandji Soeparto)

2) Agregat Halus :

- Agregat halus yang digunakan adalah abu batu
- Material agregat halus (abu batu) yang digunakan adalah batu katun dari daerah pelehari perbatasan tangkisung (PT. Raden Pandji Soeparto)
- Pasir yang digunakan adalah pasir barito yang berjenis halus
- Fly ash yang di gunakan dari hasil pembakaran PLTU Asam – asam.

2. Persiapan Aspal

Aspal yang dipergunakan dalam penelitian ini diambil dari PT. Bumi Barito Putra

Prosedur Pengujian Bahan Campuran

1) Pemeriksaan agregat kasar

1. Pengujian abrasi (*Abration Test*)- (SNI 03-2417-1991)
2. Pengujian berat jenis agregat kasar dan penyerapannya (*Specific Gravity and Absorbtion Agregat Test*)- (SNI 03-1970-1990)
3. Pengujian analisa saringan (*Sieve Analysis Coarse Agregat Test*)- (SNI 03-1968-1990)

2) Pemeriksaan agregat halus

1. Pengujian berat jenis agregat halus dan penyerapannya (*Specific Gravity and Absorbtion Agregat Test*)- (SNI 03-1970-1990)
2. Pengujian analisa saringan (*Sieve Analysis Coarse Agregat Test*)- (SNI 03-1968-1990)

3) Pemeriksaan Aspal

1. Pengujian penetrasi (*Penetration Asphalt Test*) - (SNI 06-2456-1991)
2. Pengujian berat jenis aspal (*Specific Gravity Asphalt Test*)- (SNI 06-2441-1991)
3. Pengujian daktilitas (*Ductility Asphalt Test*) - (SNI 06-2432-1991)
4. Pengujian titik lembek (*Softening Point With Ring and Ball Test*) - (SNI 06-2434-1991)

Perancangan AC - BC

Perancangan campuran bahan dalam pembuatan benda uji Marshall. Tata cara pembuatan rencana campuran benda uji Marshall yaitu dengan menggunakan Spesifikasi Umum 2010 dan syarat-syarat dalam hasil pengujian. Dalam merencanakan pengujian campuran harus menentukan proporsi campuran dan menentukan kadar aspal terlebih dahulu. Perancangan campuran ini menggunakan metode trial error yang mana metode ini yang sering di gunakan di lapangan.

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan setelah perancangan selesai dan siap diujikan. Pembuatan benda uji sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan. Jumlah pembuatan benda uji adalah 90 buah, 15 buah untuk kadar fly ash 0% dan 75 buah untuk penambahan fly ash 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. Yang masing – masing persen berjumlah 15 biji.

Tes Marshall

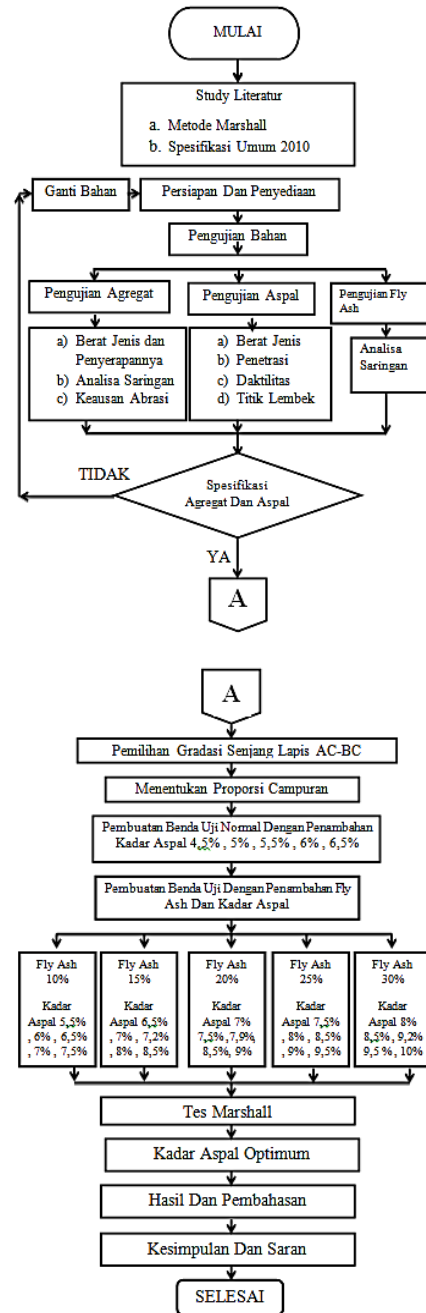
Tes Marshall adalah untuk mengetahui sifat-sifat campuran aspal, yaitu :

1. *Stability*
2. Kelelehan (*Flow*)
3. Koefisien Marshall
4. Rongga Terisi Aspal

Pelaksanaan tes Marshall akan diperoleh besarnya beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda uji sebelum hancur (*Stabilitas Marshall*) dan besarnya deformasi dari benda uji sebelum hancur (*Kelelehan*). Perbandingan stabilitas dan kelelehan merupakan gambaran kekakuan benda uji terhadap deformasi (*Marshall Quotient*).

KadarAspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum akan didapat setelah pelaksanaan percobaan Marshall. Kadar aspal optimum ditentukan didalam grafik tes Marshall yang harus memenuhi persyaratan spesifikasi sifat campuran.campuran



Gambar2 Flow Chart Penelitian Aspal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan agregat yang telah dilaksanakan dapat dilihat pada tabel – tabel berikut:

Tabel 4 Hasil Pengujian Agregat CA

NO	KARAKTERISTIK	STANDAR PENGUJIAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI
1	Berat Jenis Bulk	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,874	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,901	Min. 2,6
3	Berat Jenis Apparent	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,954	Min. 2,7
4	Penyerapan Air	(SNI 03-1970-1990)	%	0,942	Maks. 3

Sumber : (Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat)

Dari data diatas dapat dilihat bahwa pada pengujian agregat kasar (*Coarse Aggregate*) memiliki hasil Berat Jenis Bulk, SSD dan Penyerapan Air yang telah memenuhi spesifikas

Tabel 5 Hasil Pengujian Agregat MA

NO	KARAKTERISTIK	STANDAR PENGUJIAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI
1	Berat Jenis Bulk	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,895	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,921	Min. 2,6
3	Berat Jenis Apparent	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,973	Min. 2,7
4	Penyerapan Air	(SNI 03-1970-1990)	%	0,908	Maks. 3

Sumber: (Hasil Analisa Perhitungan)

Tabel 6 Hasil Pengujian Agregat Abu Batu

NO	KARAKTERISTIK	STANDAR PENGUJIAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI
1	Berat Jenis Bulk	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,824	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,833	Min. 2,6
3	Berat Jenis Apparent	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,700	Min. 2,7
4	Penyerapan Air	(SNI 03-1970-1990)	%	0,321	Maks. 3

Sumber: (Hasil Analisa Perhitungan)

Tabel 7 Hasil Pengujian Agregat Pasir

NO	KARAKTERISTIK	STANDAR PENGUJIAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI
1	Berat Jenis Bulk	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,624	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,637	Min. 2,6
3	Berat Jenis Apparent	(SNI 03-1970-1990)	gram/cm ³	2,659	Min. 2,7
4	Penyerapan Air	(SNI 03-1970-1990)	%	0,495	Maks. 3

Sumber: (Hasil Analisa Perhitungan)

Tabel 8 Hasil Pengujian Abrasi Agregat

NO	KARAKTERISTIK	STANDAR PENGUJIAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI
1	Penetrasi	(SNI 06-2456-1991)	-	74,90	80 - 100
2	Titik Lembek (°C)	(SNI 06-2434-1991)	°C	0,0	-
3	Daktiilitas Pada 25°C	(SNI 06-2452-1991)	Cm	139,00	> 100
4	Berat Jenis Aspal	(SNI 06-2441-1991)	-	1,052	> 1,0

Hasil pemeriksaan Aspal

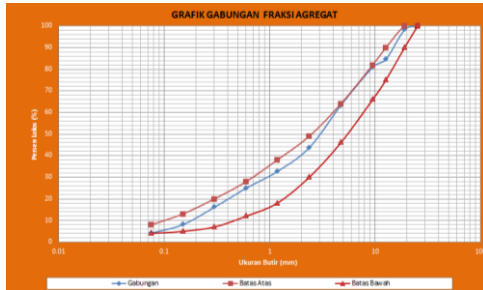
NO	Nomor Saringan		% Lolos Saringan			
	mm	inch	CA	MA	Abu Batu	Pasir
1	25,4	1"	100,0	100	100	100
2	19,1	3/4"	91,19	100	100	100
3	12,7	1/2"	22,32	100	100	100
4	9,52	3/8"	5,00	99,41	100	100
5	4,75	No. 4	0,26	34,51	83,21	100
6	2,36	No. 8	0,14	4,35	54,68	100
7	1,18	No. 16	0,12	2,39	35,84	99,13
8	0,600	No. 30	0,12	1,91	22,98	96,00
9	0,300	No. 50	0,10	1,63	13,88	60,09
10	0,150	No. 100	0,08	1,37	8,74	9,04
11	0,075	No. 200	0,05	0,73	3,53	0,60

Tabel kombinasi Agregat untuk Laston

Tabel 10. Kombinasi Agregat untuk laston

NO	NOMOR SARINGAN		HASIL DATA ANALISA LOLOS SARINGAN					KOMBINASI AGREGAT GABUNGAN				AGREGAT GABUNGAN		TASARAH BAHAN ATAS LAJUR TENGAH		
	MM	INCH	CA	MA	ABU BATU PASIR	SEMEN	20%	10%	5%	10%	2%	AN	AN	AN	AN	AN
	MM	INCH	CA	MA	ABU BATU PASIR	SEMEN	20%	10%	5%	10%	2%	AN	AN	AN	AN	AN
1	25,4	1"	100	100	100	100	20,00	11,00	57,00	10,00	2,00	100,00	100	100	100	100
2	19,1	3/4"	91,19	100	100	100	18,24	11,00	57,00	10,00	2,00	98,24	90	100	95	95
3	12,7	1/2"	22,80	100	100	100	4,56	11,00	57,00	10,00	2,00	94,56	75	90	82,5	82,5
4	9,52	3/8"	5,00	99,41	100,00	100	1,00	10,94	57,00	10,00	2,00	80,94	66	82	74	74
5	4,75	No. 4	0,26	34,51	83,21	100	0,05	3,80	47,43	10,00	2,00	63,28	46	64	55	55
6	2,36	No. 8	0,14	4,35	54,68	100	0,03	0,48	31,17	10,00	2,00	43,67	30	49	38,5	38,5
7	1,18	No. 16	0,12	2,39	35,84	99,13	0,02	0,26	20,43	9,91	2,00	32,63	18	38	28	28
8	0,6	No. 30	0,12	1,91	22,98	96,00	0,02	0,21	13,10	9,60	2,00	24,93	12	28	20	20
9	0,300	No. 50	0,10	1,63	13,88	60,09	0,02	0,18	7,91	6,01	2,00	16,12	7	20	13,5	13,5
10	0,150	No. 100	0,08	1,37	8,74	9,04	0,02	0,15	4,98	0,90	2,00	8,05	5	13	9	9
11	0,075	No. 200	0,05	0,73	3,53	0,6	0,01	0,08	2,01	0,06	1,95	4,13	4	8	6	6
12	Pasir	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0

Sumber: (Perhitungan Kombinasi Agregat)



Grafik 1 Grafik Gabungan Fraksi Agregat(Sumber : Perhitungan Gradasi Agregat)

Menentukan Perkiraan Awal Kadar Aspal Rencana, Dengan :

$$\% \text{ CA} = \text{Agregat Kasar (100 - \% lolos \# No.8)} = 100 - 43,67 = 56,33\%$$

$$\% \text{ FA} = \text{Agregat Halus (\% lolos \# No.8 - \% lolos \# No.200)} = 43,67 - 4,13 = 39,55\%$$

$$\% \text{ FF} = \text{Bahan Pengisi (\% lolos \# No.200)} = 4,13\%$$

$$\text{Konstanta} = \text{Lataston 0,5\% s/d 1\%} = 1\%$$

$$\text{Pb} = 0,035(\% \text{CA}) + 0,045(\% \text{FA}) + 0,18(\% \text{FF}) + \text{Konstanta}$$

$$= 0,035(56,33\%) + 0,045(39,55\%) + 0,18(4,13\%) + 1\% = 5,494\%$$

(diambil 5,5 %)

Pada perhitungan perkiraan Kadar Aspal Rencana (Pb) didapatkan hasilnya yaitu 5,5 %. Jadi, komposisi campuran Aspal AC-BC untuk pengujian Marshall memiliki variasi kadar aspal sebagai berikut : **4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5%**

Dibawah ini merupakan tabel perhitungan komposisi campuran aspal untuk pengujian Marshall

Tabel 11 Komposisi Campuran Aspal AC – BC

Kadar Aspal 4,5%			Kadar Aspal 5%			Kadar Aspal 5,5%		
ASPAL	54	Gram	ASPAL	60	Gram	ASPAL	65,93	Gram
CA	229,2	Gram	CA	228	Gram	CA	226,8	Gram
MA	126,1	Gram	MA	125,4	Gram	MA	124,7	Gram
FA	653,2	Gram	FA	649,8	Gram	FA	646,4	Gram
PASIR	114,6	Gram	PASIR	114	Gram	PASIR	158,8	Gram
SEMEN	22,92	Gram	SEMEN	22,8	Gram	SEMEN	22,68	Gram
Total	1200	Gram	Total	1200	Gram	Total	1200	Gram
Kadar Aspal 6%			Kadar Aspal 6,5%					
ASPAL	72	Gram	ASPAL	78	Gram			
CA	225,6	Gram	CA	224,4	Gram			
MA	124,08	Gram	MA	123,42	Gram			
FA	642,96	Gram	FA	639,54	Gram			
PASIR	112,8	Gram	PASIR	112,2	Gram			
SEMEN	22,36	Gram	SEMEN	22,44	Gram			
Total	1200	Gram	Total	1200	Gram			

Sumber : (Perhitungan Komposisi Campuran Aspal)

Contoh Perhitungan :

(Berat Agregat Campuran untuk kadar aspal 4,5%)

- Berat Aspal = $\frac{1200 \times 4,5}{100} = 54 \text{ gram}$
- Berat Ca = $\left(\frac{20}{100}\right) \times (1200 - 54) = 229,2 \text{ gram}$

Contoh Perhitungan Pengujian Marshall : (Contoh Perhitungan Benda Uji No.1a)

- Kadar aspal = 4,5 %
- Berat benda uji kering = 1247 gram
- Berat benda uji jenuh = 1250 gram
- Berat benda uji dalam air = 734 gram
- Isi benda uji = $1250 - 734 = 516 \text{ gram}$
- Berat isi = $\frac{1247}{516} = 2,417 \text{ gram}$
- Bj. Maks = $\frac{100}{\frac{(100-4,5)}{2,895} + \frac{4,5}{1,052}} = 2,68$
- Rongga agregat (VMA) = $100 - \frac{((100-4,5) \cdot 2,417)}{2,867} = 19,50\%$
- Rongga campuran (VIM) = $100 - \frac{(100 \cdot 2,417)}{2,68} = 9,94\%$

- Rongga terisi aspal (VFB) = $100 \cdot \left(\frac{19,50-9,94}{19,50} \right) = 49,06\%$
- Bacaan stabilitas = 40,00
- Stabilitas = $40 \times 11,46 = 458,4 \text{ kg}$
- Stabilitas setelah koreksi = $458,4 \times 1 = 458,4 \text{ kg}$
- Kelelahan (Flow) = $400 \times 0,002 = 0,8 \text{ mm}$
- Hasil bagi Marshall = $458,4 / 0,80 = 573 \text{ kg/mm}$
- Kadar aspal efektif = $4,5 - \left(\frac{0,349 \cdot (100-4,5)}{100} \right) = 4,17\%$
- Tebal film aspal = $\frac{(1000 \times (4,5 - 0,349))}{(11,678 \times 1,052 \cdot (100 - 4,5))} = 3,54$
- Penyerapan aspal = $100 \times \left(\frac{(2,895 - 2,867)}{(2,867 \times 2,895)} \right) \times 1,05 = 0,349\%$

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan diatas yang terdapat di bab IV dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Jumlah sampel variasi yang didapat dari penambahan *fly ash* 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% di dapat sebanyak 75 sampel. Dari setiap masing – masing persen didapat sampel sebanyak 15 sampel.
2. Diketahui hasil akhir dari variasi 10% (VMA) 21.08% , VIM 4,67%², VFB 77,66%, kadar Aspal Efektif 6,99, Flow 3,08, Stabilitas 842,11. variasi 15%(VMA) 21,63% , VIM 4,95%², VFB 77,08%, kadar Aspal Efektif 7,10, Flow 2,50, Stabilitas 788,74. variasi 20%(VMA) 20.52% , VIM 4,32%², VFB 79,03%, kadar Aspal Efektif 6,81, Flow 3,92, Stabilitas 799,57. variasi 25% (VMA) 20.46% , VIM 3,02%², VFB 85,04%, kadar Aspal Efektif 7,22, Flow 3,93, Stabilitas 693,81. Dan variasi 30% (VMA) 22.90% , VIM 4,63%², VFB 79,59%, kadar Aspal Efektif 7,74, Flow 4,28, Stabilitas 888,16.

3. Diketahui hasil variasi yang terbaik ditinjau dari parameter marshall yaitu adalah variasi 10% yang memenuhi spesifikasi yaitu sebesar (VMA) 21.08% , VIM 4,67%², VFB 77,66%, kadar Aspal Efektif 6,99, Flow 3,08, Stabilitas 842,11.

Saran

Berdasarkan dari pengalaman peneliti dan hasil dari penelitian dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut.

1. Perlunya ketelitian dan kecermatan selama pelaksanaan penelitian terutama pada saat penimbangan, pengontrolan temperatur saat pencampuran dan pemadatan sehingga hasil yang diperoleh dapat optimal
2. Seluruh perhitungan sangatlah bersifat sensitif akan ketelitian, sehingga penghitungan harus sangat diperhatikan ketelitiannya.
3. Ikutilah petunjuk atau aturan keselamatan dalam melakukan penelitian agar tidak merugikan banyak hal.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum. 1987. "Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya/SNI No.1737-1989-F". Jakarta: Yayasan Bahan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga. 1983. "Petunjuk Pemeriksaan Lapisan Aspal Beton (Laston) No 13/PT/B/1983". Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Hardiyatmo Hary C. 2010 "Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan" Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo Hary C. 2011 "Perancangan Perkerasan jalan Penyelidikan Tanah"

Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

SNI-03-1737-1989l “Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas” Departemen Pekerjaan Umum.

SNI-03-1968-1990 “Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar” Badan Standarisasi Nasional.

SNI-03-1970-1990 “Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus” Badan Standar Nasional.

SNI-03-2439-1991 “Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal” Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 06-2433-1991 “Metode Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Dengan Cleve Land Open Cup” Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 06-2434-1991 “Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter” Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 06-2441-1991” Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat” Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 06-2456-1991 “Cara Uji Penetrasi Aspal” Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 06-2489-1991 “Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall” Departemen Pekerjaan Umum.

SNI-1969-2008 “Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar” Badan Standardisasi Nasional.

SNI-2417-2008 “Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles” Badan Standardisasi Nasional.

SNI-2432-2011 “ Cara Uji Daktilitas Aspal” Badan Standardisasi Nasional.

Spesifikasi Umum,Revisi 3. 2010 “Perkerasan Aspal”DEVISI 6.

Sukirman, S. 1995 “Perkerasan Lentur Jalan Raya”. Bandung: Nova

Sukirman, S. 2007. “Beton Aspal Campuran Panas.”.Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.

Suprpto.2004.”Bahan dan Struktur Jalan Raya”.Bandung: KMTS FT UGM